



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО МЕХАНИКЕ ГРУНТОВ,
ГЕОТЕХНИКЕ И ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЮ



Сборник трудов
международной научно-технической конференции

**СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ИХ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ**

посвященной 80-летию образования
кафедры Геотехники СПбГАСУ
(механики грунтов, оснований и фундаментов ЛИСИ)

Часть I

Санкт-Петербург
2014

<i>Лыкова Н.И., Колесов М.А.</i> Об аварии элементов берегоукрепления вертикального типа во время строительства.....	203
<i>Пронозин Я.А., Мельников Р.В.</i> Стабилизация берегового склона в селе Каменка Тюменского района.....	207
<i>Никольская О.В., Кадыралеева Г.А.</i> Критерии оценки местной устойчивости откосов автомобильных дорог на горных склонах.....	214
<i>Тронда Т.В.</i> Упрочнение слабых грунтов элементами из сухой бетонной смеси...	221
<i>Кашеварова Г.Г., Маковецкий О.А., Хусаинов И.И.</i> Анализ расчетных деформаций грунтового массива, закрепленного струйной цементацией.....	225
<i>Унайбаев Б.Ж., Унайбаев Б.Б., Ермолаева К.А.</i> Фундаменты в вытрамбованных котлованах и пробитых скважинах с защитной и несущей оболочкой для строительства на засоленных агрессивных грунтах.....	231
<i>Маковецкий О.А., Зуев С.С.</i> Применение технологии «стена в грунте» для устройства причальных и берегоукрепительных сооружений.....	237
<i>Школа А.В., Анискин А.А.</i> Влияние технологии на свойства грунтов обратных засыпок.....	243
<i>Толмачёв В.В., Махнатов С.А., Уткин М.М., Шувалова Н.М.</i> Десять принципов размещения экологически опасных объектов в карстовых районах.....	248
<i>Морозов В.Н.</i> Истоки больших деформаций сооружений.	252
<i>Рыжевский М.Е., Семенов Д.А.</i> О необходимости устройства температурно-усадочных швов в монолитных железобетонных тоннелях.....	259
<i>Рашидов Т.Р., Ан Е.В.</i> Изученность подземных трубопроводов при сейсмических и динамических нагрузлениях.....	266
<i>Zhussupbekov A., Ashkey Y., Frankovská J., Stacho, J.</i> Geotechnical Design of Continuous Flight Auger Piles.....	273
<i>Turček P., Ladicsová E.</i> Soil Nail Wall Deformations Analysis by Finite Element Method.....	281

Раздел 3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

<i>Сахаров И.И., Парамонов М.В.</i> Численное решение пространственных задач фундаментостроения, учитывающих промерзание грунтов основания.....	289
<i>Соболевский Д. Ю.</i> Учет делатансии в современных задачах геотехники.....	295

УДК 625.711.812

O.B. Никольская, Г.А. Кадыралиева
(Институт геомеханики и освоения недр НАН КР,
Бишкек, Кыргызстан)

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ

Автомобильные дороги – важнейшая составная часть развития экономики страны, выхода в рынки соседних стран, а также при обеспечении национальной безопасности и улучшения условий и уровня жизни населения. Для эффективного осуществления грузовых и пассажирских перевозок как внутри страны, так и по международным магистралям необходимо в первую очередь обеспечить безопасное и бесперебойное движение автомобилей, которая является государственной проблемой и имеет огромное социально-политическое значение.

Кыргызстан является горной страной, где 94 % территории занимают горы. Внутри страны грузовые и пассажирские перевозки осуществляются автомобильным, железнодорожным и воздушным путем, из которых 95 % перевозок обеспечивает дорожная сеть. Общая протяженность автомобильных дорог в стране составляет 34 000 км, среди которых автодорога Бишкек-Ош с протяженностью 672 км, является главной дорожной артерией Республики, как во внутригосударственном, так и в международном плане и имеет высокую интенсивность дорожного движения, а также дороги Бишкек-Нарын-Торугарт и Ош-Сарыташ-Иркештам (рис. 1).



Рис. 1. Региональные автомобильные дороги Кыргызстана

В силу географической обособленности страны и неравномерной расположенности населенных и промышленных центров, дорожная сеть Киргизии построена в сложных физико-географических условиях, с сильно пересеченным рельефом, резко континентальным климатом, подверженным как природным, так и природно-техногенным опасностям, для обеспечения безопасности и реабилитации которых ежегодно направляются не малые усилие и финансовые затраты [1].

На горных дорогах к основным видам опасности помимо аварийности автомобильного транспорта происходящих как за счет низкой дисциплины водителей, так и дорог несоответствующих строительным нормам относятся опасности, происходящие за счет нарушения устойчивости склонов или откосов. В связи с этим необходимо еще на стадии проектирования дорог на горных склонах оценивать общую и местную устойчивость, как естественных склонов, так и откосы дорожных выемок [2].

Под оценкой устойчивости склона и откоса понимается определение возможности появления и степени распространенности активных оползней при инженерно-геологических условиях и действующих нагрузках, наблюдающихся в натурной обстановке при выполнении изысканий на оползневых склонах [3].

Следует различать общую и местную оценку устойчивости склонов и откосов. Нарушением общей устойчивости называется смещение грунтовых масс, которому подвержен весь приоткосный массив склона или откоса, который производится по расчетной схеме, выбранной на основе анализа натурных исследований инженерно-геологических и геомеханических условий, с учетом возможной формы нарушения общей устойчивости приоткосового массива (рис. 2, а).

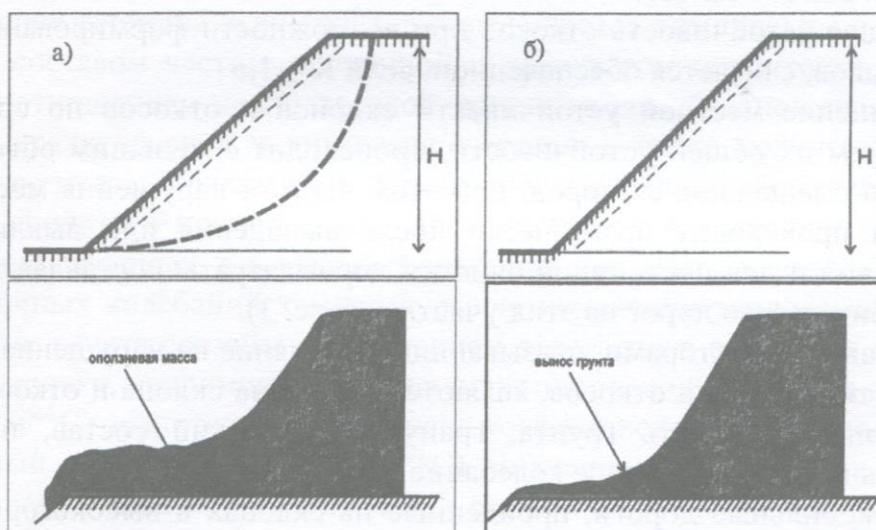


Рис. 2. Схема нарушения общей и местной устойчивости склонов

Общую устойчивость склона или откоса рассчитывают по соотношению сдвигающих и удерживающих сил по естественной – ломанной или расчетной кругло цилиндрической поверхности скольжения по формуле 1.

$$K_y = \frac{P \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi' + C' S}{P \sin \alpha}, \quad (1)$$

где, P – масса всей призмы возможного обрушения; S – площадь потенциальной поверхности обрушения; C' , и φ' – расчетное сцепление и расчетный угол внутреннего трения по потенциальной поверхности скольжения; α – угол наклона поверхности ослабления, по которой возможно обрушение.

Под нарушением местной устойчивости понимают смещение продуктов выветривания с откосов и склонов в процессе эксплуатации и возможности появления сплывов непосредственно в приповерхностной зоне склона и откоса до глубины 0,5–1,0 м (рис. 2, б).

При опасности развития сплывов оценку устойчивости откоса производят на основании расчетного коэффициента местной устойчивости по формуле 2.

$$K = B \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} n \operatorname{tg} \varphi_p + \frac{A c_p}{\gamma H} \right), \quad (2)$$

где, γ – объемный вес грунта, $\text{т}/\text{м}^3$; φ_p , c_p – расчетные показатели соответственно угла внутреннего трения и сцепления грунта; n – заложение откоса; $n = \operatorname{ctg} \alpha$; (α – угол заложения откоса, град); H – полная высота откоса, м; A , B – безразмерные эмпирические коэффициенты, определяемые расчетным путем или номограммами в зависимости от отношения расчетной глубины сплыва h_c к высоте откоса.

Местная устойчивость откосов при возможности формирования и развития, сплывов, считается обеспеченной, если $K \geq 1,5$.

Нарушение местной устойчивости склонов и откосов по сравнению с нарушением их общей устойчивости, происходит с меньшим объемом одновременно смещающихся пород, при этом частота нарушения местной устойчивости происходит практически после выпадения или выклинивания грунтовых вод и для постоянной очистки дорог затраты составляют больше чем на строительство дорог на этих участках (рис. 3).

Основными факторами, оказывающими влияние на нарушение местной устойчивости склонов и откосов, являются, крутизна склона и откоса, экспозиция склона, влажность грунта, гранулометрический состав, плотность и прочность грунта, и сезонное колебание температуры воздуха.

Автомобильные дороги, пройденные на склонах в высокогорных районах, имеют специфические опасности, которые проявляются в виде оползней, сплывов, оплывин, механической суффозии и выноса грунта на дорогу, под влиянием характерных для этих районов низкой температуры воздуха

и наличие снежного покрова в холодные периоды года, сильных ветров, не продолжительных, но постоянных перепадов температуры.



Рис. 3. Вид горной автомобильной дороги после зачистки осыпавшегося грунта в результате нарушения местной устойчивости откоса после выпадения осадков

В условиях естественного залегания на горных склонах лессовидные и глинистые породы представляют сложную гетерогенную систему взаимодействующих между собой частиц твердого минерального скелета, различных видов содержащейся в порах грунтов воды, ее паров и газов. Физико-механические свойства этих грунтов определяются химическим и минералогическим составом частиц, величиной и характером пористости, количественным соотношением между твердой, жидкой и газообразной среды.

Минералогический и химический состав, а также количественное содержание в грунтах коллоидных частиц предопределяют характер формирования их свойств в процессе сезонного теплового воздействия на склоны. Воздействие сезонных, а в высокогорных районах (высота выше 4000М над ур.м) суточных колебаний температуры на изменение теплофизических характеристик грунта связаны с изменением агрегатного состояния почвенной влаги, поскольку, например, коэффициент теплопроводности льда равной $12,32 \text{ Bt}/(\text{m}^* \text{°C})$ значительно превышает коэффициент теплопроводности воды, который составляет $0,58 \text{ Bt}/(\text{m}^* \text{°C})$. Значения коэффициента теплопроводности различного вида грунтов при различной степени увлажнения приведены в табл. 1 [4].

На основании анализа значения коэффициента теплопроводности для различного типа грунтов установлено, что с увеличением размера частиц ко-

эффективность теплопроводности увеличивается. Коэффициент теплопроводности существенно зависит от влажности грунта. С возрастанием влажности от сухого грунта, влажность которого составляет 2–5% до водонасыщенного с влажностью равной 23–25%, коэффициент теплопроводности увеличивается практически в два раза. В результате прогревания-охлаждения и замерзания и оттаивания меняются свойства грунтов на поверхности склонов и откосов.

Таблица 1
Коэффициент теплопроводности грунтов в зависимости
от степени увлажнения

№ п/п	Вид грунта	Коэффициент теплопроводности грунтов λ , Вт/(м ² °C)		
		сухого	влажного	водонасыщенного
1	Песок, супесь	1,10	1,92	2,44
2	Глина, суглинок	1,74	2,56	2,67
3	Гравий, щебень	2,03	2,73	3,37

Одной из причин нарушения местной устойчивости откосов горных дорог является снижение прочностных свойств грунтов, которые зависят от их водно-физических свойств и сопротивляемости сдвигу. Сопротивляемость сдвигу грунтов в свою очередь зависит от гранулометрического состава грунта, его влажности и температуры. Для оценки влияния влажности грунта на их сопротивляемость сдвигу проводили лабораторный эксперимент, при заданных значениях плотности образцов $\gamma = 1500 \text{ кг}/\text{м}^3$ и $\gamma = 1700 \text{ кг}/\text{м}^3$ и диаметр твердых частиц равные 0,25, 0,5, 1 и 2 мм. Заданные значения влажности образцам были 10, 15, 20 и 25%. Результаты лабораторных исследований приведены на рис. 4. Из графиков видно, что на сопротивление сдвигу грунтов существенное влияние оказывает их влажность.

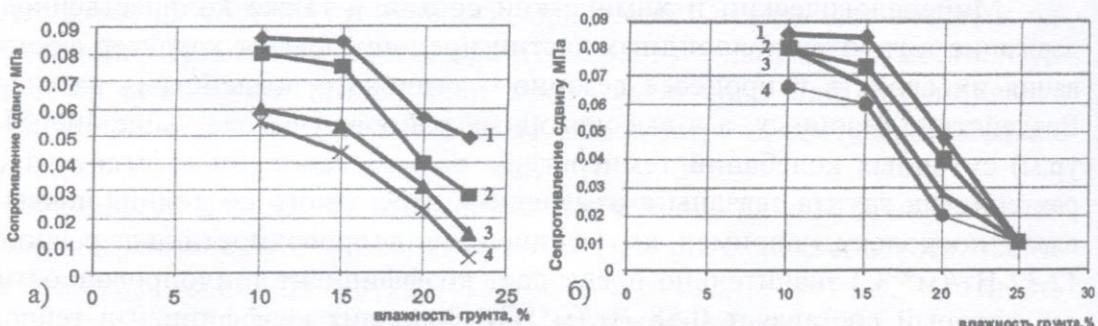


Рис. 4. Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от влажности:
а – плотность грунта $1500 \text{ кг}/\text{м}^3$; б – плотность грунта $1700 \text{ кг}/\text{м}^3$;
1 – диаметр частиц грунта 0,25 мм; 2 – диаметр частиц грунта 0,5 мм;
3 – диаметр частиц грунта 1мм; 4 – диаметр частиц грунта 2 мм;

При плотности грунтов $1500 \text{ кг}/\text{м}^3$ и всех заданных значениях влажности грунтов наибольшими значениями сдвигающих усилий от $0,085 \text{ МПа}$ до $0,028 \text{ МПа}$ имеют грунты с размерами твердых частиц $0,25 \text{ мм}$ и $0,5 \text{ мм}$. Грунты с размерами твердых частиц 1 мм и 2 мм при всех заданных влажностях имеют низкие показатели сопротивляемости сдвигу от $0,06 \text{ МПа}$ до $0,005 \text{ МПа}$. При этом сопротивление сдвигу грунтов при всех заданных размерах твердых частиц грунта при влажностях от 10% до 25% падает 3–6 раз.

В целях оценки влияния температуры грунта на сопротивление сдвигу, проводили лабораторные исследования на искусственных образцах близнецах с заданными значениями плотности $1500 \text{ кг}/\text{м}^3$ и размером частиц $0,5 \text{ мм}$. Образцы подвергались воздействию температуры воздуха от -10°C до $+65^\circ\text{C}$. Температуру грунта в экспериментах не измеряли, так как было выявлено, что температура грунта на $2\text{--}3^\circ$ ниже температуры воздуха. Это соотношение справедливо для грунтов поверхностного слоя. Эксперименты проведены для образцов грунта влажностью на пределе раскатывания равной $W = 12\%$, естественной влажности $W = 16\%$ и на пределе текучести $W = 22\%$ для данных грунтов. Результаты полученных данных приведены на рис. 5.

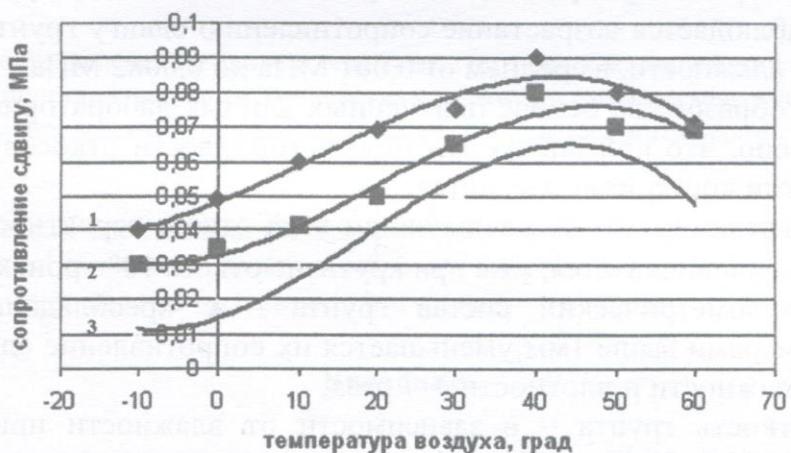


Рис. 5. Зависимость сопротивления сдвигу грунта от температуры воздуха:

- 1 – влажность грунта на пределе раскатывания (12%);
- 2 – влажность грунта природная (16%);
- 3 – влажность грунта на пределе текучести (22%);

На основании анализа результатов, полученных в ходе эксперимента, выявлено, что наименьшим сопротивлением сдвигу обладают грунты при низких температурах воздуха, а наибольшим при положительных температурах и влажности на пределе раскатывания. С увеличением температуры от -10°C до $+40^\circ\text{C}$ наблюдается возрастание сопротивлению сдвигу грунта в 1–4 раза, в зависимости от его влажности, в среднем от $0,01 \text{ МПа}$ до $0,082 \text{ МПа}$.

При температуре выше +45 °C наблюдается снижение сопротивления сдвигу, а при температуре +60 °C и влажности 12 % эти значения составляют 0,07 МПа, при влажности 16 % – 0,069 МПа и при влажности 22 % – 0,05 МПа.

По результатам лабораторных исследований зависимости прочностных свойств грунтов от гранулометрического состава, влажности, плотности и температуры воздуха выявлено, что

1) гранулометрический состав грунтов является одним из определяющих факторов и с увеличением диаметра частиц грунта сопротивление сдвигу уменьшается независимо от плотности грунта;

2) при значениях влажности равной пределу текучести грунтов наибольшими значениями сдвигающих усилий имеют грунты с размерами твердых частиц 0,25 мм и 0,5 мм, а грунты с размерами твердых частиц 1 мм и 2мм при всех заданных влажностях имеют низкие показатели сопротивляемости сдвигу;

3) наименьшим сопротивлением сдвигу обладают грунты при низких температурах воздуха, а наибольшим при положительных температурах и влажности на пределе раскатывания. С увеличением температуры от –10 °C до +40 °C наблюдается возрастание сопротивлению сдвигу грунта, в зависимости от его влажности, в среднем от 0,001 МПа до 0,0082 МПа.

Таким образом, на основе полученных данных лабораторных исследований выявлено, что при оценке местной устойчивости откосов горных дорог, основными критериями являются:

1) крутизна откоса – с увеличением угла откоса вероятность оползневого процесса увеличивается, уже при крутизне откоса 10° происходит смыв;

2) гранулометрический состав грунта – с преобладанием частиц в грунте размерами выше 1мм уменьшается их сопротивление сдвигу в зависимости от влажности и плотности 4–7 раз;

3) плотность грунта – в зависимости от влажности при значениях плотности от 1700 кг/м³ и 1300 кг/м³ падает сопротивление грунтов сдвигу на 35 %;

4) влажность грунта – увеличением влажности до 25 % сопротивление грунта сдвигу снижается 3–6 раз. При влажности 10–12 % сопротивлением сдвигу грунтов увеличивается с 0,01 МПа до 0,09 МПа,

5) температурное колебание воздуха – при отрицательных значениях температуры воздуха температуры воздуха от –10 °C до –1 °C сопротивление грунта сдвигу возрастает 2–3 раза. При дальнейшем повышении температуры воздуха +40 °C увеличивается сопротивлению сдвигу грунта в 1–4 раза, а при температурах воздуха (+45 °C) –(+60 °C) сопротивления сдвигу грунтов снижается на 10–23 %.

Литература

1. Кожогулов К.Ч., Никольская О.В., Картанбаев Р.С., Сулайманов Н.Ч. Принципы безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации горных дорог. Бишкек: изд.: Илим, 2006. С.186
2. Г.А. Кадырлиева «Факторы, влияющие на местную устойчивость откосов горных дорог» Современные проблемы механики сплошных сред вып. 12 Бишкек 2010г С 85.
3. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов. Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС) Госстроя СССР. Москва Стройиздат 1984. С 5.
4. Ильницкая Е.И., Тедер Р.И., Ватолин Е.С., Кунтыш М.Ф., Свойства горных пород и методы их определения. – М., изд-во. «Недра», 1969, 392стр.

УДК 624.151.2:624.138

автор: Т.В. Тронда (БНТУ, г. Минск, Беларусь)

УПРОЧНЕНИЕ СЛАБЫХ ГРУНТОВ ЭЛЕМЕНТАМИ ИЗ СУХОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ

В статье приведены методика и результаты натурного исследования основания, армированного цилиндрическими и коническими вертикальными элементами из сухой бетонной смеси, определена величина упрочнения для каждого инженерно-геологического элемента.

The procedure and results of the full-scale study of the base reinforced with cylindrical and conical vertical elements of the dry concrete mix are presented in the article. The value of strengthening is determined for each geotechnical stratum.

Введение

Вертикальное армирование при строительстве на слабых грунтах является одной из наиболее эффективных технологий по упрочнению оснований, что доказано исследованиями многих ученых. По сравнению с традиционными способами такая технология позволяет снизить и трудоемкость и материалоемкость. При этом в качестве армирующих элементов зачастую используют забивные, набивные и другие виды свай. Однако в условиях залегания у поверхности больших толщ слабых водонасыщенных грунтов рациональным является применение вертикального армирования основания элементами из сухой бетонной смеси, которые позволяют одновременно дренировать и уплотнять природные грунты.

Вертикальное армирование основания плитного фундамента элементами из сухой бетонной смеси было выполнено при строительстве комплекса жилой застройки «Вивальди» в г. Минске.